



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 42 070 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 02 B 6/293
G 02 B 6/12
H 04 B 10/02
H 04 J 14/02

⑳1 Aktenzeichen: 197 42 070.2
⑳2 Anmeldetag: 24. 9. 97
⑳3 Offenlegungstag: 8. 4. 99

DE 197 42 070 A 1

⑦1 Anmelder:

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik
Berlin GmbH, 10587 Berlin, DE

⑦4 Vertreter:

RACKETTE Partnerschaft Patentanwälte, 79098
Freiburg

⑦2 Erfinder:

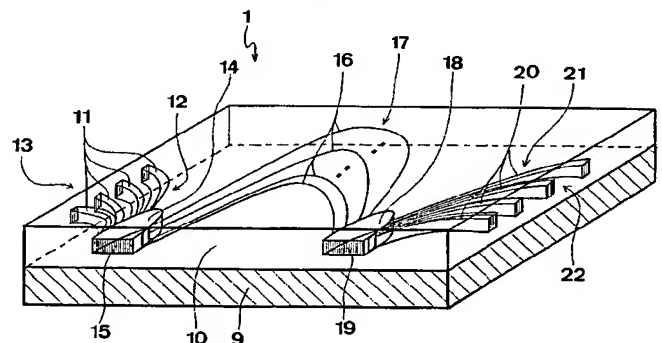
Pawlowski, Edgar, 10585 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von Lichtsignalen

⑤7 Bei einer Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von verschiedene Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen mit Koppelwellenleitern (11, 20), die in wenigstens einen Freistrahlbereich (14, 18) münden, mit wenigstens einem Wellenleiterphasengitter (17), das eine Anzahl von jeweils paarweise um eine optische Länge verschieden lang ausgebildete Phasenschiebewellenleiter (16) aufweist und eingangsseitig sowie ausgangsseitig in einen Freistrahlbereich (14, 18) mündet, sind Polarisationskonversionselemente (15, 19) vorgesehen, die jeweils einem Freistrahlbereich (14, 18) zugeordnet und so positioniert sind, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement (15, 19) mit zwischen den Koppelwellenleitern (11, 20) und den Phasenschiebewellenleitern (16) laufenden Lichtsignalanteilen beaufschlagbar ist. Durch das Anordnen der Polarisationskonversionselemente (15, 19) in den Freistrahlbereichen (14, 18) bleibt das Wellenleiterphasengitter (17) in seiner optischen Qualität unberührt und die Polarisationskonversionselemente (15, 19) sind verhältnismäßig klein dimensionierbar.



DE 197 42 070 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von verschiedenen Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen mit Koppelwellenleitern, die in wenigstens einen Freistrahlbereich münden, mit wenigstens einem Wellenleiterphasengitter, das eine Anzahl von jeweils paarweise um eine optische Länge verschieden lang ausgebildeten Phasenschiebewellenleitern aufweist und eingangsseitig sowie ausgangs-

seitig in einen Freistrahlbereich mündet, und mit wenigstens einem Polarisationskonversionselement, mit dem die Polarisationsverhältnisse der Lichtsignale zum Erzielen einer polarisationsunabhängigen Transmissionscharakteristik veränderbar sind.

Eine derartige Vorrichtung ist aus dem Artikel "Polarization Mode Converter With Polyimide Half Waveplate in Silica-Based Planar Lightwave Circuits" von Y. Inoue, Y. Ohmori, M. Kawachi et al. in IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 6, No. 5, Mai 1994, Seiten 626 bis 628, bekannt. Bei der vorbekannten Vorrichtung sind Koppelwellenleiter vorgesehen, die in jeweils einen Freistrahlbereich münden. Zwischen den Freistrahlbereichen ist ein an sich eine polarisationsunabhängige Transmissionscharakteristik aufweisendes Wellenleiterphasengitter ausgebildet, das über eine Vielzahl von jeweils paarweise um eine optische Länge verschieden lange Phasenschiebewellenleiter verfügt. Bei der vorbekannten Vorrichtung sind die Phasenschiebewellenleiter von einem in der Mitte der Phasenschiebewellenleiter verlaufenden Spalt unterbrochen, in den eine verhältnismäßig dünne und damit verlustarme, als $\lambda/2$ -Verzögerungselement ausgestaltete Polyimid-Platte eingefügt ist. Durch die dabei hervorgerufene Konversion von transversal-magnetischen und transversal-elektrischen Lichtanteilen ist eine weitestgehend polarisationsunabhängige Transmissionscharakteristik erzielt. Die vorbekannte Vorrichtung weist allerdings den Nachteil auf, daß der die Polyimid-Platte aufnehmende Spalt sowie die Polyimid-Platte selbst über die gesamte Länge hochpräzise auszuführen sind, um eine hohe optische Qualität insbesondere im Hinblick auf das spektrale Auflösungsvermögen des Wellenleiterphasengitters zu gewährleisten.

Aus US-A-5,440,416 ist eine Vorrichtung zum Trennen und Überlagern von Lichtsignalen mit unterschiedlichen Frequenzkomponenten bekannt, die über zwei Freistrahlbereiche verfügt, zwischen denen ein aus einer Anzahl von optisch verschieden langen Phasenschiebewellenleitern gebildetes Phasenschiebewellenleitergitter angeordnet ist. In den eingangsseitigen ersten Freistrahlbereich mündet ein Eingangswellenleiter, der zum Beaufschlagen mit optischen Signalen mit einer Anzahl von Frequenzkomponenten vorgesehen ist. In den ausgangsseitigen zweiten Freistrahlbereich münden zum einen die ausgangsseitigen Enden der Phasenschiebewellenleiter und zum anderen ein Wellenleiter, der mit einem an mehrere Empfänger zu verteilenden, sogenannten Broadcast-Signal beaufschlagbar ist. In die ausgangsseitig an den zweiten Freistrahlbereich angeschlossenen Koppelwellenleiter sind jeweils eine Frequenzkomponente des in dem an den ersten Freistrahlbereich angeschlossenen Eingangswellenleiter geführten Lichtsignales sowie das in dem an den zweiten Freistrahlbereich angeschlossenen Wellenleiter geführte Broadcast-Lichtsignal einspeisbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, die bei hohem spektralen Auflösungsvermögen, geringsten Verlusten und geringen Herstellungskosten eine weitestgehend polarisationsunabhängige Transmissionscharakteristik aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement in einem zugeordneten Freistrahlbereich so angeordnet ist, daß es mit zwischen Koppelwellenleitern und Phasenschiebewellenleitern laufenden Lichtsignalanteilen beaufschlagbar ist.

Durch das Anordnen des oder jedes Polarisationskonversionselementes in einem zugeordneten Freistrahlbereich bleiben zum einen die für das spektrale Auflösungsvermögen der Vorrichtung wesentlichen Phasenschiebewellenleiter frei von Unterbrechungen oder Manipulationen nach deren Herstellung, zum anderen ist eine besonders kleine Dimensionierung des oder jedes Polarisationskonversionselementes möglich, da die Freistrahlbereiche gegenüber dem verhältnismäßig ausgedehnten Wellenleiterphasengitter sehr viel kleiner sind. Somit ergibt sich bei erheblich reduzierten Fertigungskosten eine hohe optische Qualität.

Zweckmäßigerweise sind zwei Freistrahlbereiche vorgesehen, in die die Phasenschiebewellenleiter münden, wobei jedem Freistrahlbereich ein Polarisationskonversionselement zugeordnet ist.

In einer Ausführungsart ist das oder jedes Polarisationskonversionselement ein Polarisationsfilter, mit dem transversal-elektrische Komponenten und transversal-magnetische Komponenten des Lichtsignales räumlich trennbar beziehungsweise überlagerbar sind. Bei dieser Ausführungsart ist vorgesehen, daß das Wellenleiterphasengitter ein zum Führen der transversal-magnetischen Komponente vorgesehenes Teilwellenleiterphasengitter und zum Führen der transversal-elektrischen Komponente vorgesehenes Teilwellenleiterphasengitter aufweist, deren Dämpfungen für die jeweils geführte Transversalkomponenten jeweils gleich sind. Durch die Überlagerung der auch nach Durchtritt durch das Wellenleiterphasengitter relativ zueinander in ihrer Intensität unveränderten transversal-magnetischen Komponenten und transversal-elektrischen Komponenten des Lichtsignales ist eine polarisationsunabhängige Transmissionscharakteristik erzielt.

In einer weiteren Ausführungsart ist vorgesehen, das oder jedes Polarisationskonversionselement als ein $\lambda/4$ -Verzögerungselement auszubilden. In einer diesbezüglichen Weiterbildung ist es zweckmäßig, das oder jedes $\lambda/4$ -Verzögerungselement reflektiv auszubilden und den zugeordneten Freistrahlbereich begrenzend anzuordnen. Dadurch läßt sich ein besonders kompakter Aufbau mit in gleicher Richtung orientierten Koppelwellenleitern und Phasenschiebewellenleitern erzielen.

Zur Integration der Funktion eines Sternkopplers ist es zweckmäßig, daß die Vorrichtung in einen Freistrahlbereich mündende Verteilerwellenleiter gleicher optischer Länge aufweist, in denen ein sogenanntes Broadcast-Signal auf mit spezifischen Frequenzkomponenten gespeiste Koppelwellenleiter verteilbar ist. In einer anderen Ausgestaltung ist zu diesem Zweck ein Distributionswellenleiter vorgesehen, der in einen Freistrahlbereich mündet.

Das oder jedes Polarisationskonversionselement ist beispielsweise in einer Ausnehmung angeordnet, die wenigstens einseitig an den zugeordneten Freistrahlbereich grenzt. Dabei kann das Polarisationskonversionselement in hybrider Bauweise die Ausnehmung vollständig ausfüllend in die Ausnehmung eingeklebt oder in sogenannter Sputter-Technik an einer an den zugeordneten Freistrahlbereich angrenzenden Wand der Ausnehmung aufgebracht sein.

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung mit Bezug auf die Figuren der Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht einen Wellenleiterchip mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, der in einem Gehäuse untergebracht ist und an den Peripheriekomponenten angeschlossen sind,

Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zwei jeweils ein reflektiv ausgestaltetes $\lambda/4$ -Verzögerungselement aufweisenden Freistrahldbereichen, das als Wellenleiterchip aufgebaut ist,

Fig. 3 die Anordnung gemäß Fig. 2 in Draufsicht,

Fig. 4 in einer perspektivischen Ansicht eine Weiterbildung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 2 und Fig. 3,

Fig. 5 die Weiterbildung gemäß Fig. 4 in Draufsicht,

Fig. 6 in einer Draufsicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer auf einem Wellenleiterchip realisierten erfindungsgemäßen Vorrichtung, die über zwei in einem Wellenlängenbereich transmittiv und in einem anderen Wellenlängenbereich reflektiv ausgestaltete $\lambda/4$ -Verzögerungselemente verfügt, die in zwei Freistrahldbereiche eingebracht sind,

Fig. 7 in einer Draufsicht ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit in zwei Freistrahldbereichen vorgesehenen Polarisationsfiltern,

Fig. 8 im Querschnitt einen Teil eines mit einer Ausnahme versehenen Freistrahldbereiches, in die ein Polarisationskonversionselement eingebracht ist und

Fig. 9 im Querschnitt einen Teil eines mit einer Ausnahme versehenen Freistrahldbereiches, in die ein Polarisationskonversionselement in Sputter-Technik eingebracht ist.

Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Ansicht einen Wellenleiterchip 1, der mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von unterschiedliche Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen aufgebaut ist. Der Wellenleiterchip 1 ist auf einem Chipträger 2 aufgebracht, der mit einer über eine Kühlananschlußbuchse 3 ansteuerbaren thermoelektrischen Kühleinheit in Verbindung steht. Der Wellenleiterchip 1 ist optisch mit Faserbündelkopplern 4 sowie mit einem Faserkoppler 5 gekoppelt, die an endseitig in Fasertüllen 6 verlaufenden Faserbündeln 7 angeschlossen sind. Über die Faserbündel 7 sind dem Wellenleiterchip 1 Lichtsignale vorzugsweise im infraroten Spektralbereich mit mehreren unterschiedlichen Frequenzkomponenten im Bereich von 1,3 Mikrometer und 1,5 Mikrometer einkoppelbar beziehungsweise aus dem Wellenleiterchip 1 auskoppelbar. Weiterhin ist ein Gehäuse 8 vorgesehen, das den Wellenleiterchip 1, die Faserbündelkoppler 4, den Faserkoppler 5 sowie die Kühleinheit aufnimmt und an dem die Faseranschlußbuchse 3 sowie die Fasertüllen 6 angebracht sind.

Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Ansicht einen Wellenleiterchip 1, in den ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung integriert ist. Der Wellenleiterchip 1 verfügt über ein Substrat 9, auf das eine Wellenleiterträgerschicht 10 aufgebracht ist. In die Wellenleiterträgerschicht 10 sind eine Anzahl von Koppelwellenleiter 11 einer ersten Koppelwellenleitergruppe 12 eingebracht, die zum einen an einer ersten Koppelseite 13 des Wellenleiterchips 1 enden und zum anderen in einen ersten Freistrahldbereich 14 münden. Der erste Freistrahldbereich 14 ist als zweidimensional verhältnismäßig ausgedehnte Wellenleiterschicht mit rundlicher Umrandung ausgebildet, in der sich beispielsweise über die Koppelwellenleiter 11 eingekoppelte Lichtstrahlung zweidimensional frei ausbreiten kann.

Der erste Freistrahldbereich 14 ist randseitig der Wellenleiterträgerschicht 10 angeordnet und in Verlängerung der Koppelwellenleiter 11 mit einem ersten Randreflexionsfilter 15 als Polarisationskonversionselement abgeschlossen. Das erste Randreflexionsfilter 15 ist aus einer Vielzahl von di-

elektrischen Schichten unterschiedlicher optischer Dicke aufgebaut, die auf der Grundlage von Vielfachinterferenzen einfallendes Licht innerhalb eines bestimmten Spektralbereiches reflektieren und dessen Polarisationszusammensetzung ändern, wobei einfallendes linear polarisiertes Licht nach Reflexion zirkular polarisiert und einfallendes zirkular polarisiertes Licht nach Reflexion linear polarisiert ist.

Weiterhin münden in den ersten Freistrahldbereich 14 eine Anzahl von Phasenschiebewellenleiter 16 eines Wellenleiterphasengitters 17, das als sogenanntes "arrayed-waveguide-grating" (AWG) aufgebaut ist. Die Phasenschiebewellenleiter 16 sind paarweise um eine optische Länge verschieden lang ausgebildet und münden mit ihren dem ersten Freistrahldbereich 14 abgewandten Enden in einen zweiten Freistrahldbereich 18, der entsprechend dem ersten Freistrahldbereich 14 aufgebaut und angeordnet ist. Der zweite Freistrahldbereich 18 ist entsprechend dem ersten Freistrahldbereich 14 von einem zweiten Randreflexionsfilter 19 als Polarisationskonversionselement abgeschlossen, das entsprechend dem ersten Randreflexionsfilter 15 aufgebaut und dementsprechend optisch gleichwirkend ist. Die Phasenschiebewellenleiter 16 des Wellenleiterphasengitters 17 erstrecken sich auf der gleichen Seite wie die Koppelwellenleiter 11 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 zwischen den Freistrahldbereichen 14, 18 in Richtung der den Randreflexionsfiltern 15, 19 gegenüberliegenden Seite der Wellenleiterträgerschicht 10 und sind beispielsweise wie in Fig. 2 dargestellt bogenförmig oder stufenartig mit unterschiedlicher Bogenlänge beziehungsweise Stufenhöhe und Stufenbreite ausgebildet.

Den Phasenschiebewellenleitern 16 gegenüberliegend münden in den zweiten Freistrahldbereich 18 Koppelwellenleiter 20 einer zweiten Koppelwellenleitergruppe 21, die mit ihren anderen Enden an einer der ersten Koppelseite 13 gegenüberliegenden zweiten Koppelseite 22 der Wellenleiterträgerschicht 10 enden und auf der gleichen Seite der Freistrahldbereiche 14, 18 wie die Phasenschiebewellenleiter 16 angeordnet sind.

Fig. 3 zeigt in einer Draufsicht den Wellenleiterchip 1 gemäß Fig. 2. Aus Fig. 3 ist ersichtlich, daß die zu einer Längsachse spiegelsymmetrisch ausgebildeten Freistrahldbereiche 14, 18 randseitig durch die Randreflexionsfilter 15, 19 abgeschlossen sind, wobei die Randreflexionsfilter 15, 19 aus mehreren, sich aus fertigungstechnischen Gründen über die an die Freistrahldbereiche 14, 18 angrenzende Randseite der Wellenleiterträgerschicht 10 erstreckenden dielektrischen Schichten 23 aufgebaut sind.

Bei der Vorrichtung gemäß Fig. 2 und Fig. 3 sind die Koppelwellenleiter 11, 20 der Koppelwellenleitergruppen 12, 21 sowie die Phasenschiebewellenleiter 16 des Wellenleiterphasengitters 17 so angeordnet, daß über eingangsseitige Koppelwellenleiter 11, 20 einer Koppelwellenleitergruppe 12, 21 eingekoppelte Lichtsignale mit verschiedenen Frequenzkomponenten nach Reflexion an dem in Strahlrichtung zuerst beaufschlagten Randreflexionsfilter 15, 19 in die Phasenschiebewellenleiter 16 eintreten sowie nach Austritt aus den Phasenschiebewellenleitern 16 und Reflexion an dem in Strahlrichtung nachfolgenden Randreflexionsfilter 15, 19 aufgrund der unterschiedlichen optischen Länge der Phasenschiebewellenleiter 16 spektral getrennt mit jeweils einer Frequenzkomponente in die ausgangssseitigen Koppelwellenleiter 11, 20 der anderen Koppelwellenleitergruppe 12, 21 einkoppeln.

Bei eingangsseitig der Vorrichtung eingekoppelten linear polarisierten Lichtsignalen unter entsprechend eingerichteter Ausrichtung der Einfallrichtungen zu den Randreflexionsfiltern 15, 19 wird die Eingangspolarisation der auf die Randreflexionsfilter 15, 19 auftreffenden Lichtsignale ent-

sprechend der Wirkung eines sogenannten $\lambda/4$ -Verzögerungselementes in eine zirkulare Polarisierung umgewandelt, die nach Beaufschlagen des nachgeordneten Randreflexionsfilters 15, 19 wieder in eine lineare Polarisierung, die allerdings gegenüber der Eingangspolarisation um 180 Grad versetzt ist, zurückgewandelt wird. Dadurch ist das Wellenleiterphasengitter 17 mit zirkular polarisiertem Licht durchsetzt, so daß die Transmissionscharakteristik der Vorrichtung insgesamt polarisationsunabhängig ist.

Fig. 4 zeigt in einer perspektivischen Ansicht eine Weiterbildung der beispielhaften Vorrichtung gemäß Fig. 2 und Fig. 3, wobei sich in Fig. 2 bis Fig. 4 entsprechende Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen und im weiteren nicht näher erläutert sind. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 grenzen die Freistrahlsbereiche 14, 18 an einen in die Wellenleiterträgerschicht 10 eingebrachten Randfilterspalt 24, in den in hybrider Bauweise die Randreflexionsfilter 15, 19 die Freistrahlsbereiche 14, 18 begrenzend eingefügt sind. Auf der den Freistrahlsbereichen 14, 18 gegenüberliegenden Seite der Randreflexionsfilter 15, 19 ist in die Wellenleiterträgerschicht 10 ein Distributionswellenleiter 25 eingebracht, der sich von der ersten Koppelseite 13 in Richtung des zweiten Randreflexionsfilters 19 erstreckt und durch diesen hindurch in den zweiten Freistrahlsbereich 18 mündet.

Fig. 5 zeigt in einer Draufsicht den Wellenleiterchip 1 gemäß Fig. 4. Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß sich die Randreflexionsfilter 15, 19 lediglich über die Breite der Freistrahlsbereiche 14, 18 erstrecken, so daß die Randreflexionsfilter 15, 19 verhältnismäßig kostengünstig herstellbar sind.

Bei der Weiterbildung gemäß Fig. 4 und Fig. 5 ist vorgesehen, in den Distributionswellenleiter 25 Lichtsignale mit wenigstens einer Frequenzkomponente als sogenanntes Broadcast-Signal, das an mehrere Empfänger zu verteilen ist, einzukoppeln, die in einem anderen Spektralbereich als die Frequenzkomponenten von in die eingangsseitigen Koppelwellenleiter 11 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 eingekoppelten Lichtsignalen liegen. Der Mündungsbereich des Distributionswellenleiters 25 in den zweiten Freistrahlsbereich 18 ist dabei so angeordnet, daß in den Distributionswellenleiter 25 eingekoppelte Lichtsignale weitestgehend gleichmäßig in die Koppelwellenleiter 20 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 einkoppeln, während die Frequenzkomponenten von in die Koppelwellenleiter 11 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 eingespeisten Lichtsignalen nach Durchlauf durch das Wellenleiterphasengitter 17 auf einzelne Koppelwellenleiter 20 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 aufgeteilt werden. Die Weiterbildung gemäß Fig. 4 und 5 zeichnet sich dadurch aus, daß in die ausgangsseitigen Koppelwellenleiter 20 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 Lichtsignale mit unterschiedlichen Frequenzkomponenten einspeisbar sind.

Fig. 6 zeigt in einer Draufsicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer in einen Wellenleiterchip 1 eingebrachten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von verschiedenen Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen, wobei sich in den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 bis Fig. 6 entsprechende Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen und im weiteren nicht näher erläutert sind. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist ein erster Freistrahlsbereich 26 vorgesehen, in den die Koppelwellenleiter 11 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12, die Phasenschiebewellenleiter 16 des Wellenleiterphasengitters 17, Koppelwellenleiter 27 einer dritten Koppelwellenleitergruppe 28 sowie eine Anzahl von optisch gleich langer Verteilerwellenleiter 29 einer Verteilerwellenleitergruppe 30 münden. Der erste Freistrahlsbereich 26 gemäß Fig. 6 weist eine ovalförmige oder

ellipsoide Umrandung auf und ist entlang seiner Querachse von einem Mittenfilterspalt 31 unterbrochen, in den ein Transmissionsfilter 32 als Polarisationskonversionselement eingefügt ist.

In einen zweiten Freistrahlsbereich 33 münden neben den Phasenschiebewellenleitern 16 des Wellenleiterphasengitters 17, den Koppelwellenleitern 20 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 und den Verteilerwellenleitern 29 der Verteilerwellenleitergruppe 30 Koppelwellenleiter 34 einer vierten Koppelwellenleitergruppe 35. Der zweite Freistrahlsbereich 33 bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist entsprechend dem ersten Freistrahlsbereich 26 aufgebaut, wobei in den den zweiten Freistrahlsbereich 33 ebenfalls zusammenfallend mit der Querachse trennenden Mittenfilterspalt 31 ein Selektivfilter 36 als Polarisationskonversionselement eingefügt ist.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist dabei so ausgebildet, daß die Koppelwellenleiter 11, 20 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 und der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 sowie die Phasenschiebewellenleiter 16 des Wellenleiterphasengitters 17 auf einer Seite des Mittenfilterspaltes 31 und die Koppelwellenleiter 27, 34 der dritten Koppelwellenleitergruppe 28 und der vierten Koppelwellenleitergruppe 35 sowie die Verteilerwellenleiter 29 der Verteilerwellenleitergruppe 30 auf der anderen Seite des Mittenfilterspaltes 31 angeordnet sind.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist das Transmissionsfilter 32 so ausgebildet, daß in die Koppelwellenleiter 11, 27 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 und der dritten Koppelwellenleitergruppe 28 eingekoppelte linear polarisierte Lichtsignale mit verschiedenen Frequenzkomponenten in unterschiedlichen Spektralbereichen, beispielsweise bei 1,3 Mikrometer und 1,5 Mikrometer, unter Umwandlung der linearen Polarisierung in eine zirkulare Polarisierung transmittiert wird, so daß in die erste Koppelwellenleitergruppe 12 eingekoppelte Lichtsignale in die Verteilerwellenleitergruppe 30 und in die dritte Koppelwellenleitergruppe 28 eingespeiste Lichtsignale in das Wellenleiterphasengitter 17 eingekoppelt werden.

Das Selektivfilter 36 ist so ausgestaltet, daß es beispielsweise im Spektralbereich der in dem Wellenleiterphasengitter 17 geführten Lichtsignale hochreflektiv sowie im Spektralbereich der in den Verteilerwellenleitern 29 geführten Lichtsignale weitestgehend transmissiv ist, wobei die zirkular polarisierten Lichtsignale beider Spektralbereiche nach Reflexion beziehungsweise Transmission linear polarisiert sind. In den Koppelwellenleitern 20 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 21 sind somit jeweils eine Frequenzkomponente der in die Koppelwellenleiter 11 der ersten Koppelwellenleitergruppe 12 eingekoppelten Lichtsignale sowie die Frequenzkomponenten der in die Koppelwellenleiter 27 der dritten Koppelwellenleitergruppe 28 eingekoppelten Lichtsignale überlagert.

Fig. 7 zeigt in einer Draufsicht ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von verschiedenen Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen, die entsprechend den vorgenannten Ausführungsbeispielen über einen Wellenleiterchip 1 mit einer Wellenleiterträgerschicht 10 verfügt. In die Wellenleiterträgerschicht 10 sind Koppelwellenleiter 37 einer ersten Koppelwellenleitergruppe 38 und Koppelwellenleiter 39 einer zweiten Koppelwellenleitergruppe 40 eingebracht, die beidseitig eines ersten Freistrahlsbereichs 41 querenden in einen Mittenfilterspalt 42 eingefügten ersten Polarisationsfilters 43 als Polarisationskonversionselement münden.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 ist mit einem Wellenleiterphasengitter ausgestattet, das aus einem Phasen-

schiebewellenleiter 44 aufweisenden ersten Teilwellenleiterphasengitter 45 und einen Phasenschiebewellenleiter 46 aufweisenden zweiten Teilwellenleiterphasengitter 47 aufgebaut ist. Die jeweils in den ersten Freistrahlsbereich 41 mündenden Phasenschiebewellenleiter 44, 46 der Teilwellenleiterphasengitter 45, 47 sind einander gegenüberliegend beidseitig des Mittenfilterspalt 42 angeordnet und sind bei jedem Teilwellenleiterphasengitter 45, 47 paarweise mit einer optischen Länge unterschiedlich lang ausgebildet.

Die Phasenschiebewellenleiter 44, 46 der Teilwellenleiterphasengitter 45, 47 münden beidseitig des Mittenfilterspalt 42 in einen zweiten Freistrahlsbereich 48, wobei dieser entsprechend dem ersten Freistrahlsbereich 41 ausgestaltet ist. In den den zweiten Freistrahlsbereich 48 in Querrichtung durchlaufenden Mittenfilterspalt 42 ist ein zweites Polarisationsfilter 49 als Polarisationskonversionselement eingebracht. In den zweiten Freistrahlsbereich 48 münden weiterhin beidseitig des zweiten Polarisationsfilters 49 Koppelwellenleiter 50 einer dritten Koppelwellenleitergruppe 51 sowie Koppelwellenleiter 52 einer vierten Koppelwellenleitergruppe 53, die mit ihren anderen Enden an der zweiten Koppelseite 22 enden.

Die Polarisationsfilter 43, 49 der Vorrichtung gemäß Fig. 7 sind so ausgebildet, daß in Koppelwellenleiter 39, 52 beispielsweise der zweiten Koppelwellenleitergruppe 40 beziehungsweise der vierten Koppelwellenleitergruppe 53 eingekoppelte linear polarisierte Lichtsignale mit ihren transversalelektrischen Komponenten in die Phasenschiebewellenleiter 44 des ersten Teilwellenleiterphasengitters 45 transmittiert werden, während die transversal-magnetische Komponente reflektiert und in die Phasenschiebewellenleiter 46 des zweiten Teilwellenleiterphasengitters 47 eingekoppelt wird. Nach Durchlaufen der Teilwellenleiterphasengitter 45, 47 werden die Transversalkomponenten der Lichtsignale beispielsweise unter Reflexion der transversal-magnetischen Komponente und Transmission der transversal-elektrischen Komponente in dem anderen Polarisationsfilter 43, 49 wieder überlagert und beaufschlagen mit ihren einzelnen Frequenzkomponenten jeweils einen Koppelwellenleiter 39, 52 der zweiten Koppelwellenleitergruppe 40 beziehungsweise der vierten Koppelwellenleitergruppe 53.

Die Phasenschiebewellenleiter 44 des ersten Teilwellenleiterphasengitters 45 und die Phasenschiebewellenleiter 46 des zweiten Teilwellenleiterphasengitters 47 sind so ausgelegt, daß die in ihnen geführten Transversalkomponenten mit jeweils gleichen Verlusten transmittiert werden, so daß nach der Überlagerung der transversal-elektrischen Komponente und der transversal-magnetischen Komponente die gleiche Polarisationsrichtung wie vor der Auftrennung der Lichtsignale vorliegt. Dadurch ist eine weitgehende polarisationsunabhängige Transmissionscharakteristik der Vorrichtung gemäß Fig. 7 erzielt.

Es versteht sich, daß bei entsprechender Ausgestaltung der Polarisationsfilter 43, 48 auch die Koppelwellenleiter 37, 50 der ersten Koppelwellenleitergruppe 38 beziehungsweise der dritten Koppelwellenleitergruppe 41 entsprechend nutzbar sind.

In die Koppelwellenleiter 37 der ersten Koppelwellenleitergruppe 38 beziehungsweise die Koppelwellenleiter 50 der dritten Koppelwellenleitergruppe 51 sind beispielsweise auch Lichtsignale mit lediglich einer Transversalkomponente einspeisbar, die entweder in die Phasenschiebewellenleiter 44 des ersten Teilwellenleiterphasengitters 45 oder in die Phasenschiebewellenleiter 46 des zweiten Teilwellenleiterphasengitters 47 einkoppeln und nach Durchlauf durch die Freistrahlsbereiche 41, 48 die Koppelwellenleiter 37, 50 der jeweils anderen Koppelwellenleitergruppe 38, 51 in Frequenzkomponenten zerlegt beaufschlagen. Dadurch wird

die Fläche des Wellenleiterchips 1 optimal ausgenutzt, auch wenn bei dem letztgenannten Transmissionsweg gewisse Verluste auftreten.

Fig. 8 zeigt im Querschnitt einen Teil beispielsweise des ersten Freistrahlsbereiches 26 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 6, wobei die übrigen von einem Mittenfilterspalt 31, 42 durchteilten Freistrahlsbereiche 33, 41, 48 entsprechend aufgebaut sind. In den die Wellenleiterträgerschicht 10 vollständig querenden und in das Substrat 9 hineinragenden Mittenfilterspalt 31 ist das Transmissionsfilter 32 eingefügt, das aus einer Anzahl von auf einem Schichtträger 54 aufgetragenen dielektrischen Schichten 55 aufgebaut ist. Das Transmissionsfilter 32 ist mit einem bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht aushärtenden Klebstoff 56 in dem Mittenfilterspalt 31 befestigt und füllt diesen bis auf randseitigen Klebstoff im wesentlichen vollständig aus.

Fig. 9 zeigt in einer Darstellung entsprechend Fig. 8 eine abgewandelte Ausgestaltung beispielsweise des ersten Freistrahlsbereiches 26 mit einem auf eine Wandseite des die Wellenleiterträgerschicht 10 querenden Mittenfilterspalt 31 aufgetragenen, aus mehreren Schichten 55 aufgebauten Transmissionsfilter 32. Das Transmissionsfilter 32 ist bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 9 mit der sogenannten Sputter-Technik auf eine Wandseite des Mittenfilterspalt 31 aufgebracht, wobei zu der gegenüberliegenden Seite des Mittenfilterspalt 31 ein gewisser Freiraum verbleibt, der bei dem in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel luftgefüllt ist. Zum Vermeiden von Verschmutzungen und zur Reduktion von Reflexionen ist es zweckmäßig, diesen Freiraum beispielsweise mit einer unter Bestrahlung mit ultraviolettem Licht aushärtenden Füllmasse auszufüllen.

Es versteht sich, daß aufgrund der Umkehrbarkeit der Lichtwege die Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch zur Überlagerung von Frequenzkomponenten innerhalb eines Spektralbereiches verwendbar sind. Beispielsweise sind in die Koppelwellenleiter 11, 21 der Koppelwellenleitergruppen 12, 21 bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 auch jeweils einzelne, verhältnismäßig dicht beieinander liegende Frequenzkomponenten einspeisbar, die polarisationsunabhängig über das Wellenleiterphasengitter 17 miteinander überlagert in die jeweils anderen Koppelwellenleiter 11, 20 mit Ausführen einer sogenannten Multiplexerfunktion einkoppeln.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum polarisationsunabhängigen Trennen und Überlagern von verschiedenen Frequenzkomponenten aufweisenden Lichtsignalen mit Koppelwellenleitern (11, 20, 27, 34, 37, 39, 50, 52), die in wenigstens einen Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33, 41, 48) münden, mit wenigstens einem Wellenleiterphasengitter, das eine Anzahl von jeweils paarweise um eine optische Länge verschieden lang ausgebildeten Phasenschiebewellenleitern aufweist und eingangsseitig sowie ausgangsseitig in einen Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33, 41, 48) mündet, und mit wenigstens einem Polarisationskonversionselement, mit dem die Polarisationsverhältnisse der Lichtsignale zum Erzielen einer polarisationsunabhängigen Transmissionscharakteristik veränderbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement (15, 19, 32, 36, 43, 49) in einem zugeordneten Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33, 41, 48) so angeordnet ist, daß es mit zwischen Koppelwellenleitern (11, 20, 27, 34, 37, 39, 51, 52) und Phasenschiebewellenleitern (16, 44, 46) laufenden Lichtsignalanteilen beaufschlagbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet

- zeichnet, daß zwei Freistrahlsbereiche (14, 18; 26, 33; 41, 48) vorgesehen sind, in die die Phasenschiebewellenleiter (16; 44, 46) münden, wobei jedem Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33, 41, 48) ein Polarisationskonversionselement (15, 19, 32, 36, 43, 49) zugeordnet ist. 5
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement ein Polarisationsfilter (43, 49) ist, mit dem transversal-elektrische Komponenten und transversal-magnetische Komponenten der Lichtsignale 10 räumlich trennbar beziehungsweise vereinigbar sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenleiterphasengitter Teilwellenleiterphasengitter (45, 47) aufweist, die jeweils zum verlustarmen Führen von transversal-magnetischen 15 Komponenten sowie transversal-elektrischen Komponenten eingerichtet sind und Dämpfungen aufweisen, die für die jeweils geführte Transversalkomponenten jeweils gleich sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement ein $\lambda/4$ -Verzögerungselement (15', 19, 32, 36) ist. 20
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das oder jedes $\lambda/4$ -Verzögerungselement (15, 19) in wenigstens einem Spektralbereich reflektiv ist und für Lichtsignale in diesem Spektralbereich den jeweiligen Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33) begrenzt. 25
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das oder jedes $\lambda/4$ -Verzögerungselement (15, 19) auf einer Rundseite des zugeordneten Freistrahlsbereiches (14, 18) aufgebracht ist. 30
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Distributionswellenleiter (25) vorgesehen ist, der in einen Freistrahlsbereich (18) mündet. 35
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Verteilerwellenleiter (29) vorgesehen sind, die in einen Freistrahlsbereich (26, 33) münden und mit jeweils gleicher optischer Länge ausgebildet sind. 40
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das oder jedes Polarisationskonversionselement (15, 19, 32, 36, 43, 49) in einer Ausnehmung (25, 31, 42) angeordnet ist, 45 die wenigstens einseitig an den zugeordneten Freistrahlsbereich (14, 18, 26, 33, 41, 48) grenzt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Polarisationskonversionselement (15, 19, 32, 36, 43, 49) die Ausnehmung (25, 31, 42) im wesentlichen ausfüllend eingeklebt ist. 50
12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Polarisationskonversionselement (15, 19, 32, 36, 43, 49) in Sputter-Technik an eine an den zugeordneten Freistrahlsbereich (14, 18) angrenzende Wand der Ausnehmung (25) aufgebracht ist. 55

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

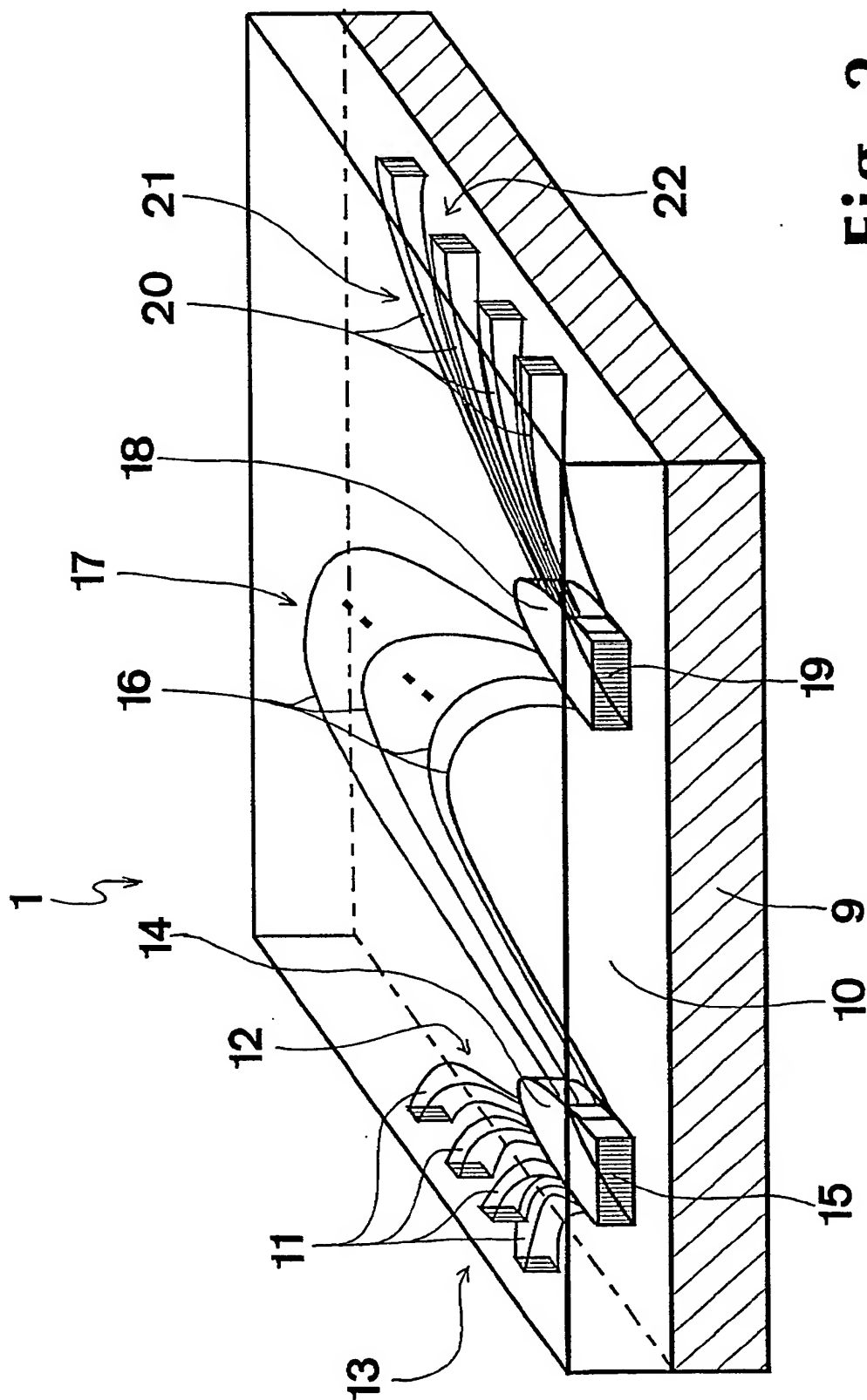


Fig. 2

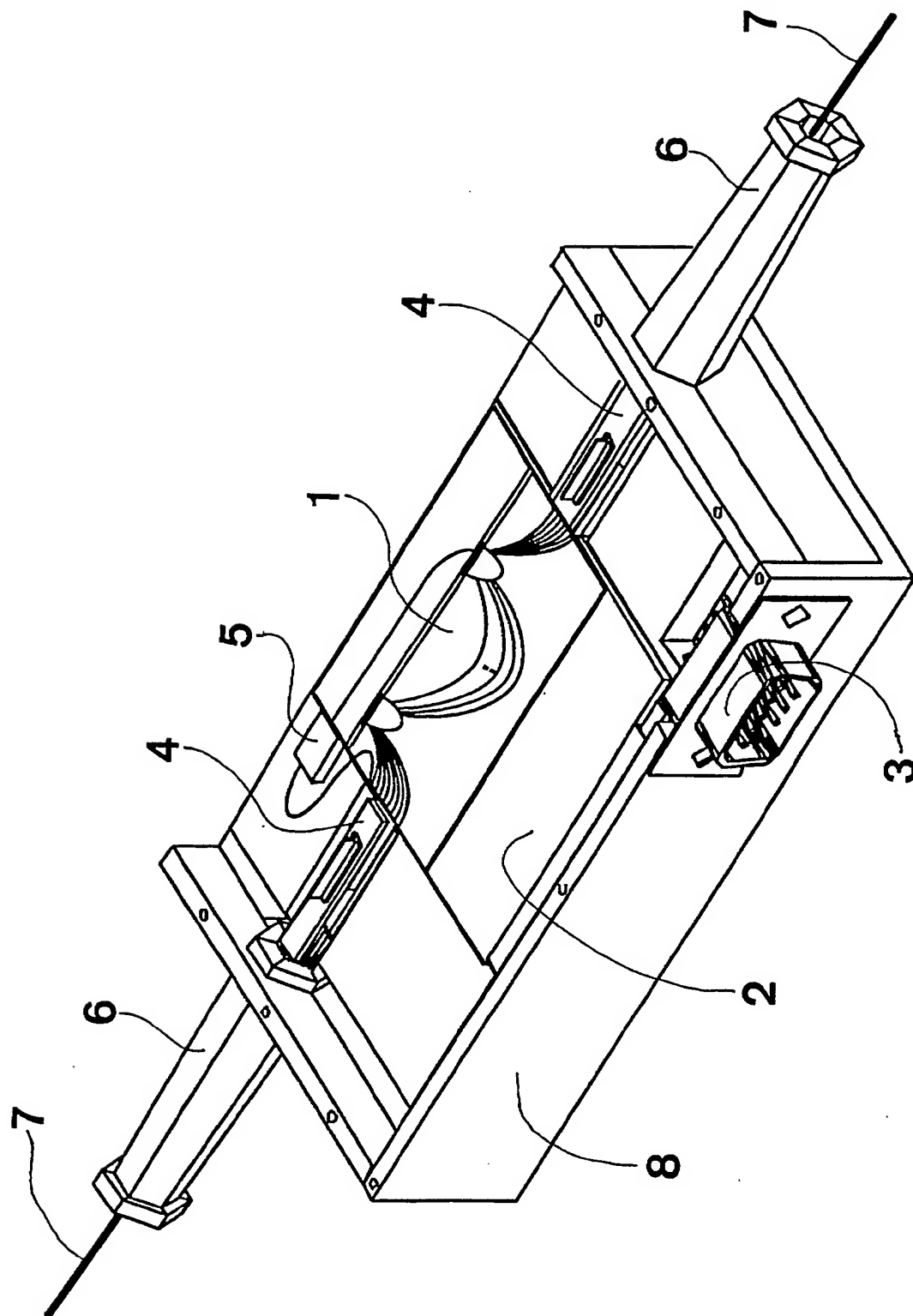


Fig. 1

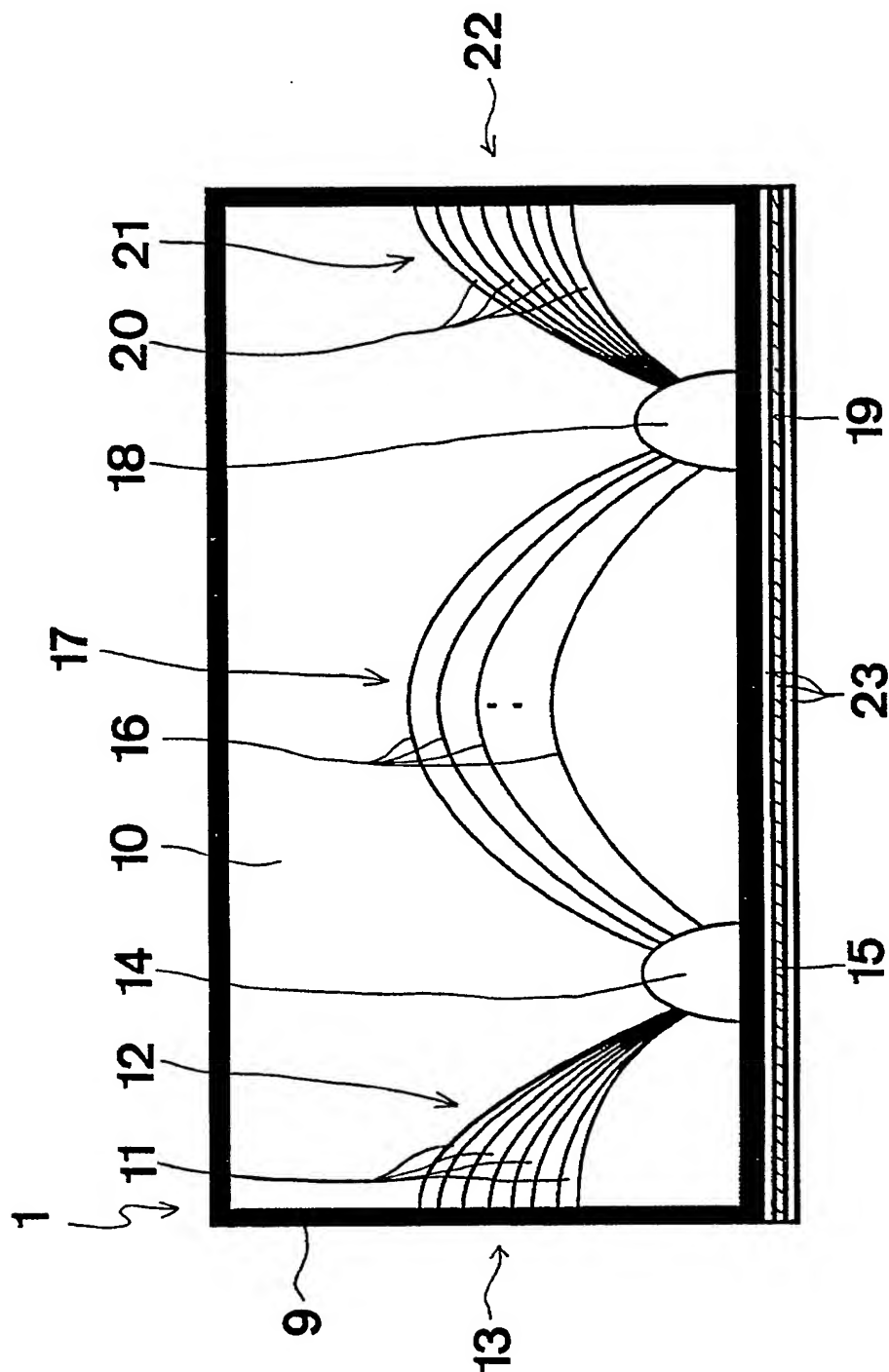


Fig. 3

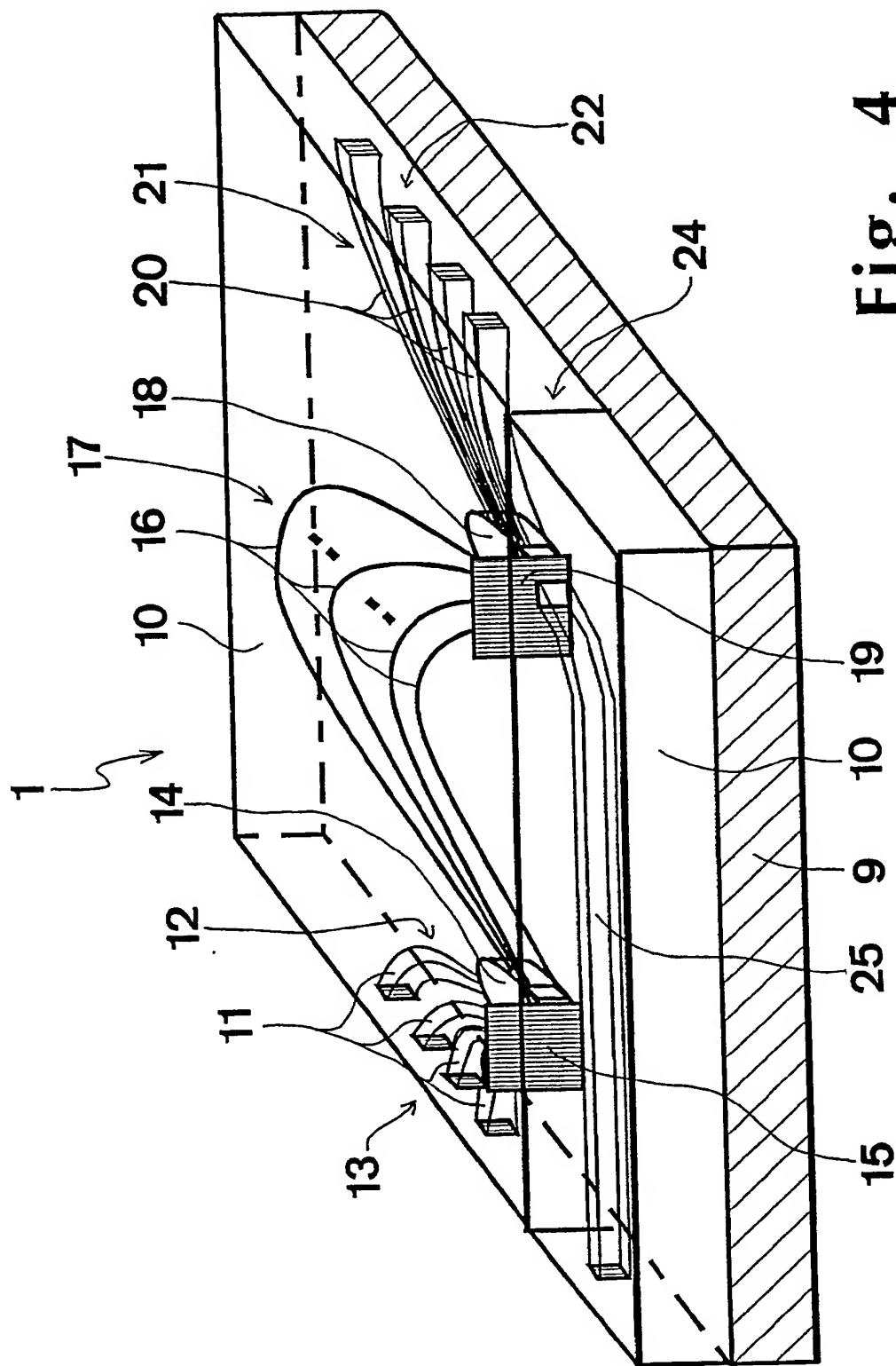


Fig. 4

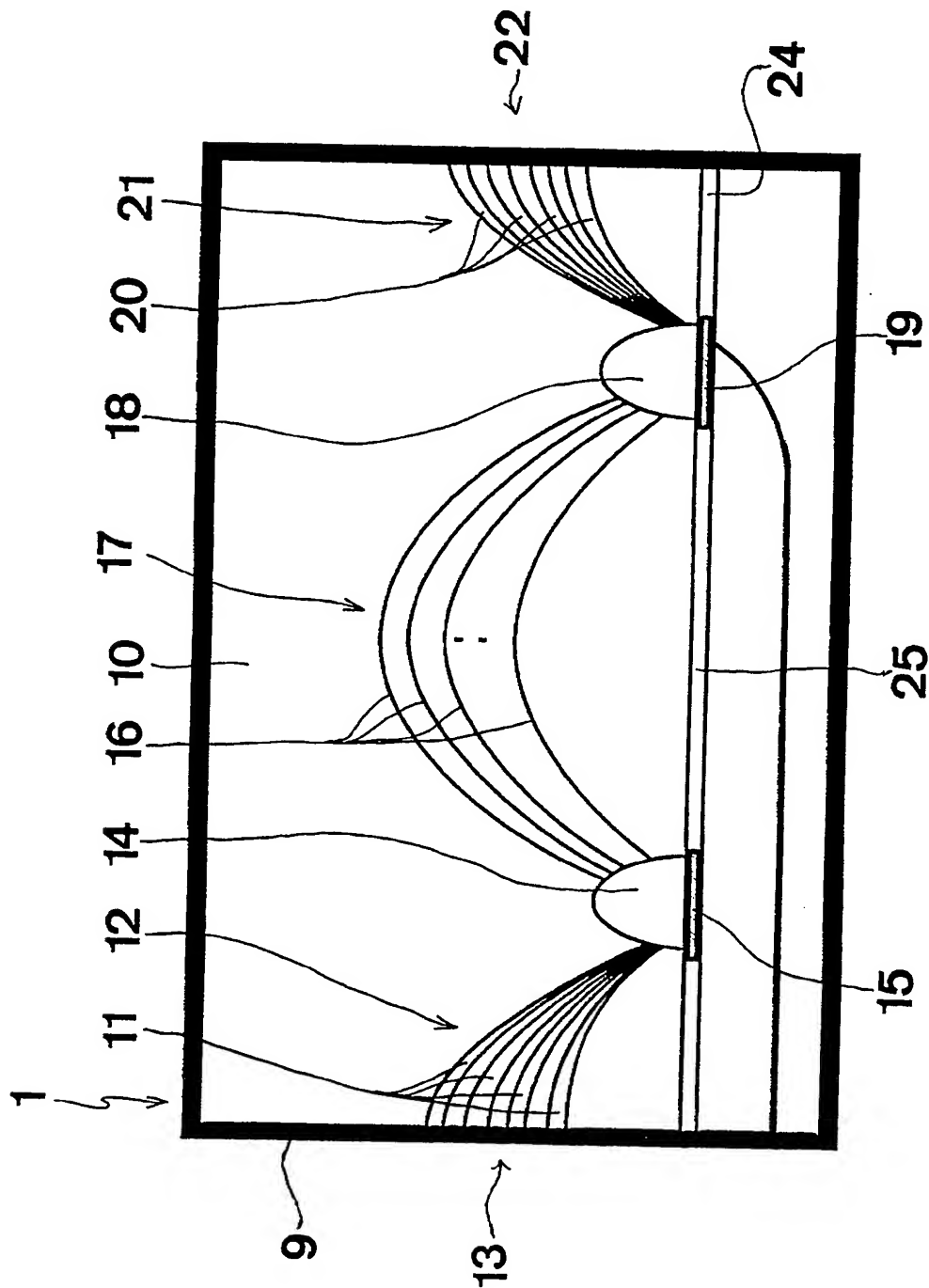


Fig. 5

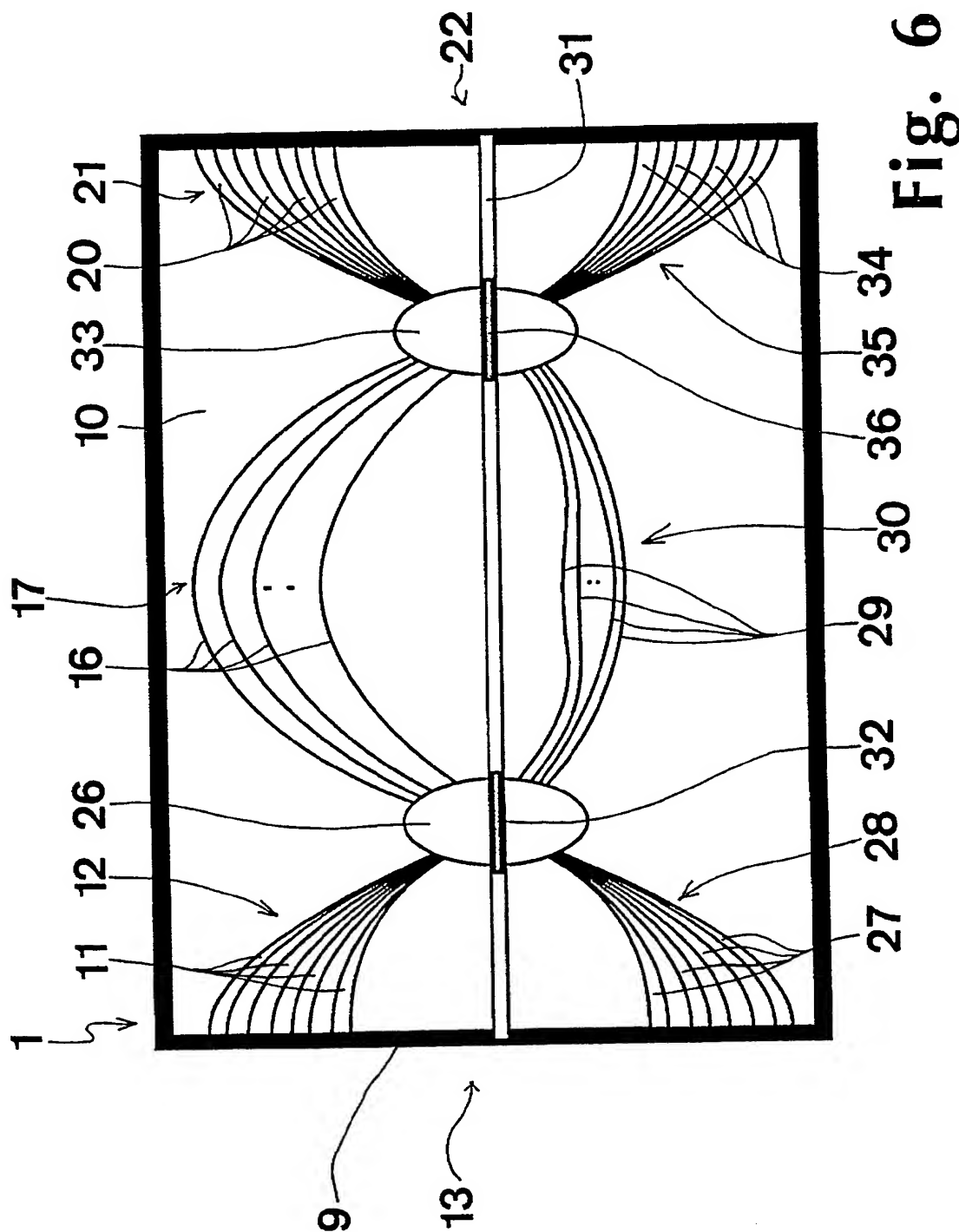


Fig. 6

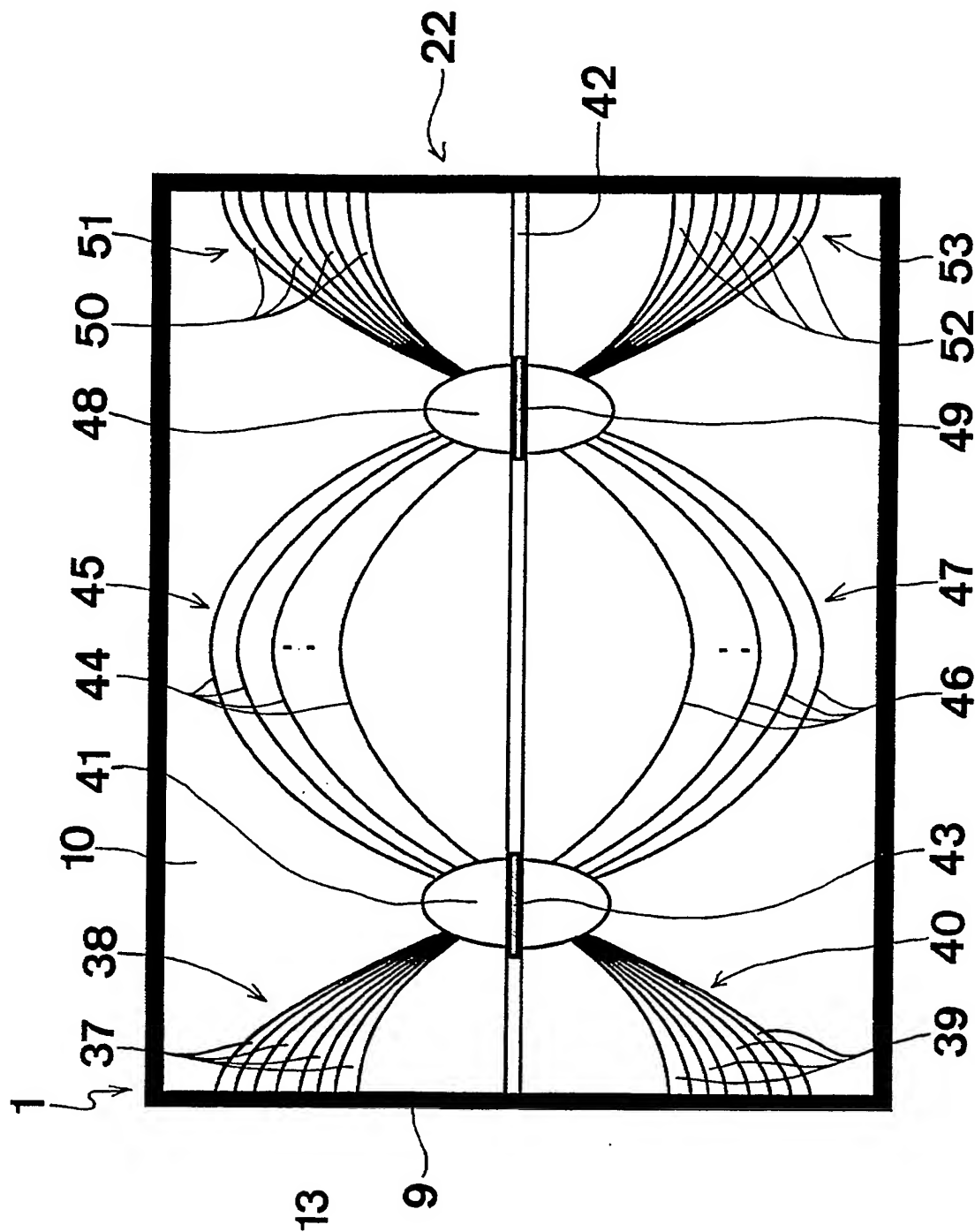


Fig. 7

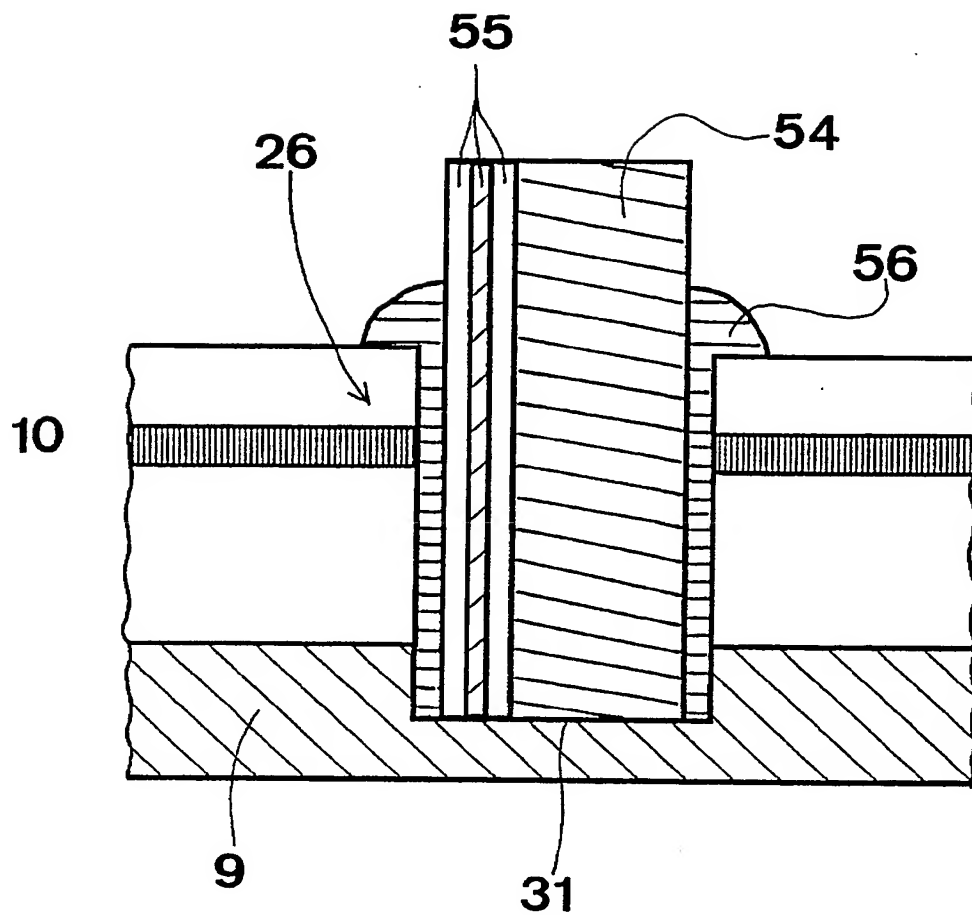


Fig. 8

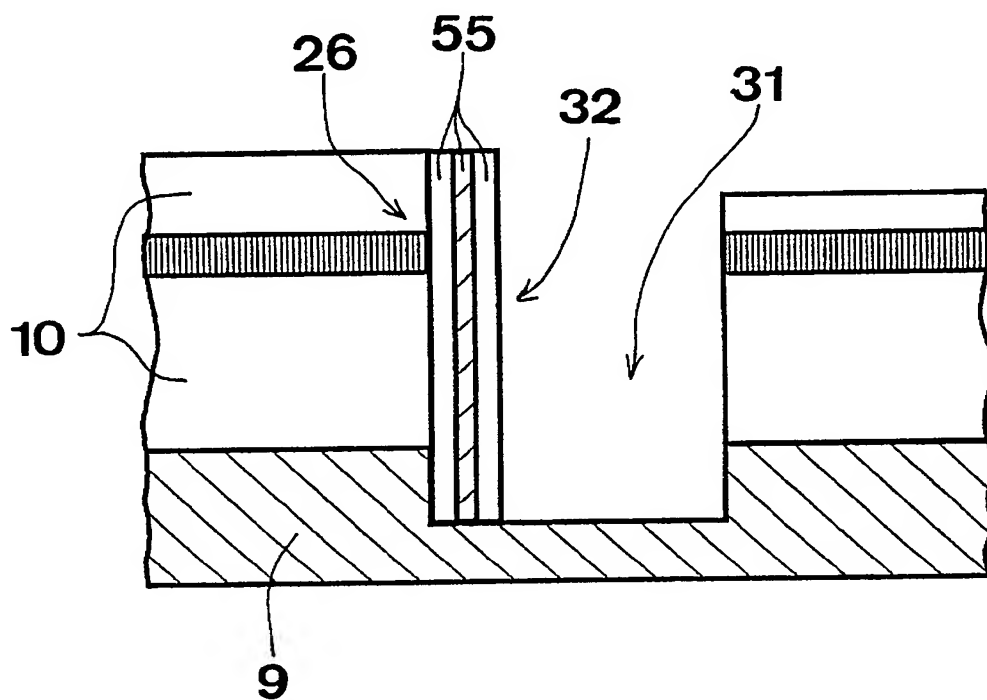


Fig. 9